

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP402203564A  
PAT-NO: JP402203564A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02203564 A  
TITLE: SILICON CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: August 13, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
FUJII, YOSHIHISA  
SUZUKI, AKIRA  
FURUKAWA, MASAKI  
SHIGETA, MITSUHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHARP CORP	N/A

APPL-NO: JP01023484  
APPL-DATE: January 31, 1989

INT-CL\_(IPC): H01L029/46; H01L029/784  
US-CL-CURRENT: 257/754

ABSTRACT:

PURPOSE: To control arbitrarily and precisely the value or threshold voltage with excellent reproducibility by forming an electrode by using polycrystalline silicon carbide.

CONSTITUTION: On an Si single crystal substrate 1, a P-type  $\beta$ -SiC single crystal layer 2 and a silicon thermal oxide film 8 are formed; a gate electrode 4 composed of polycrystalline silicon carbide film is formed at a specified position on the silicon thermal oxide film 3. Thereby, the change of threshold voltage can be reduced. By adding a specified amount of impurity to a channel region, the polarity and the absolute value of the threshold voltage can be arbitrarily and precisely controlled with excellent reproducibility.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑥ 公開特許公報(A) 平2-203564

⑥ Int.Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 29/46  
29/784

識別記号

F

庁内整理番号

7638-5F

⑥ 公開 平成2年(1990)8月13日

8422-5F  
8422-5F

H 01 L 29/78

3 0 1 B  
G

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

④ 発明の名称 炭化珪素半導体装置

④ 特 願 平1-23484

④ 出 願 平1(1989)1月31日

④ 発 明 者 藤 井 良 久 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シヤープ株式会社  
内

④ 発 明 者 鈴 木 彰 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シヤープ株式会社  
内

④ 発 明 者 古 川 勝 紀 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シヤープ株式会社  
内

④ 発 明 者 繁 田 光 浩 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シヤープ株式会社  
内

④ 出 願 人 シヤープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

④ 代 理 人 弁理士 山本 秀策

明 細 書

1. 発明の名称

炭化珪素半導体装置

2. 特許請求の範囲

1. 炭化珪素半導体層と、絶縁膜と、電極とからなるMIS構造を有する炭化珪素半導体装置であって、

該電極が多結晶炭化珪素で形成されている、炭化珪素半導体装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、炭化珪素半導体装置、特にMIS構造を有する炭化珪素半導体装置に関する。

(従来の技術)

炭化珪素(SiC)は広い禁帯幅(2.3~3.3eV)を有する半導体材料であって、熱的、化学的、機械的に極めて安定であり、放射線損傷にも強いという優れた特徴を持っている。また、炭化珪素における電子の飽和移動速度は、珪素(Si)などの他の半導体材料の場合に比べて大きい。一般に、

珪素のような従来の半導体材料を用いた半導体装置は、特に高温、高出力駆動、高周波動作、放射線照射などの苛酷な条件下では使用が困難である。従って、炭化珪素を用いた半導体装置は、このような苛酷な条件下でも使用し得る半導体装置として広範な分野での応用が期待されている。

しかしながら、大きな面積を有し、かつ高品質の炭化珪素単結晶を、生産性を考慮した工業的規模で安定に供給し得る結晶成長技術は確立されていない。それゆえ、炭化珪素は、上述のような多くの利点および可能性を有する半導体材料であるにもかかわらず、その実用化が阻まれている。

従来、研究室規模では、例えば昇華再結晶法(レーリー法)で炭化珪素単結晶を成長させたり、この方法で得られた炭化珪素単結晶を基板として、その上に気相成長法(CVD法)や液相エピタキシャル成長法(LPB法)で炭化珪素単結晶をエピタキシャル成長させることにより、半導体装置の試作が可能なサイズの炭化珪素単結晶を得ている。しかしながら、これらの方法では、得られた単結

晶の面積が小さく、その寸法や形状を高精度に制御することは困難である。また、炭化珪素が有する結晶多形および不純物濃度の制御も容易ではない。

これらの問題を解決するために、安価で入手の容易な珪素単結晶基板上に、大きな面積を有する良質の炭化珪素単結晶を気相成長させる方法が開発されている（特開昭59-203799号）。この方法によれば、炭化珪素を気相成長させる際に適当な不純物を添加することにより、得られた炭化珪素単結晶における伝導型や不純物濃度を制御することが可能である。それゆえ、この方法は、炭化珪素単結晶を用いた各種の半導体装置の開発に大きく貢献している。

現在、広く実用化されている半導体装置の中で、珪素を用いたMIS構造の半導体装置（例えば、MIS型電界効果トランジスタ）は、特に重要な位置を占めている。これに対し、珪素に代えて炭化珪素（特に、 $\beta$ 型炭化珪素）を用いたMIS型電界効果トランジスタが開発されてきている。一般に、MIS

型電界効果トランジスタを種々の電子回路に応用する場合には、その閾値電圧を正確に制御しなければならない。MIS型電界効果トランジスタの閾値電圧は、半導体層とゲート電極との仕事関数差や、半導体層と絶縁膜との界面における電荷密度などの関数である。そこで、特に半導体層とゲート電極との仕事関数差の影響を抑えるために、珪素を用いたMIS型電界効果トランジスタでは、ゲート電極の材料として多結晶珪素が一般に用いられている。つまり、ゲート電極として、半導体層と同様の材料を用いることにより、これらの間の仕事関数差をなくすることができるのである。

（発明が解決しようとする課題）

しかしながら、従来開発されてきた炭化珪素を用いたMIS型電界効果トランジスタでは、ゲート電極の材料として多結晶珪素やアルミニウムが用いられてきた。従って、炭化珪素半導体層と、これらの材料からなるゲート電極との仕事関数差が大きく、得られた電界効果トランジスタの閾値電圧の絶対値が大きくなると共に、その値自体を正

値に制御することが困難であった。

本発明は上記従来の課題点を解決するものであり、その目的とするところは、閾値電圧の値を任意に、精度良く、かつ再現性良く制御することが可能なMIS構造を有する炭化珪素半導体装置（例えば、MIS型電界効果トランジスタ）を提供することにある。

（課題を解決するための手段および作用）

本発明は、炭化珪素半導体層と、絶縁膜と、電極からなるMIS構造を有する炭化珪素半導体装置であって、該電極が多結晶炭化珪素で形成されており、そのことにより上記目的が達成される。

本発明の炭化珪素半導体装置（例えば、MIS型電界効果トランジスタ）においては、半導体層とゲート電極との両方に炭化珪素が用いられる。従って、これらの間の仕事関数差による影響を抑え、閾値電圧の変化を非常に小さくすることができる。しかも、チャンネル領域に、イオン注入技術などを用いて所定量の不純物を添加することにより、閾値電圧の正負および絶対値を任意に、精度良く、

かつ再現性良く制御することができる。しかも、本発明の炭化珪素半導体装置は、電極として多結晶珪素を用いた従来の珪素半導体装置と全く同様の工程で製造し得る。従って、例えば電界効果トランジスタにおけるソース領域およびドレイン領域を自己整合的に形成し得るというような従来の製造工程の長所を活かすこともできる。

MIS構造における電極を構成する上記多結晶炭化珪素は、例えばCVD法、プラズマCVD法、スパッタリング法、電子ビーム蒸着法などの方法を用いて形成される。

また、上記の絶縁膜としては、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜などが用いられる。特に、シリコン熱酸化膜は、優れた電気的特性を有するので好ましい。なお、絶縁膜として酸化膜を用いた場合には、一般に「MIS構造」に代えて「MOS構造」という用語が使用される。

本発明の炭化珪素半導体装置では、MIS構造における電極として多結晶炭化珪素を用いているため、該電極の上に配線用の層を設けなければなら

ない。このような配線層に用いる材料としては、アルミニウム、タングステン、モリブデン、白金などの金属またはシリサイド、あるいはこれらの材料からなる積層体が挙げられる。

#### (実施例)

以下に本発明の実施例について説明する。

本実施例では、p型炭化珪素を用いたnチャンネル反転型のMOS型電界効果トランジスタの場合について説明する。

まず、第1図(a)に示すように、気相成長法(CVD法)により、Si単結晶基板1上に、アルミニウムをドーブしたp型 $\beta$ -SiC単結晶層2(厚さ $10\mu\text{m}$ )を成長させた。原料ガスとしては、シラン( $\text{SiH}_4$ )およびプロパン( $\text{C}_3\text{H}_8$ )を用いた。また、基板温度は $1350^\circ\text{C}$ であった。ここでは、p型の不純物材料としてトリメチルアルミニウム(TMA)を用い、SiC単結晶の成長時に所定量のTMAガスを反応管中に導入することにより、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のキャリア濃度を有するp型 $\beta$ -SiC単結晶層2を得た。

次いで、このp型 $\beta$ -SiC単結晶層2上に、酸

素雰囲気中、 $1100^\circ\text{C}$ にて3時間の熱処理を行なうことにより、シリコン熱酸化膜3(厚さ $50\text{nm}$ )を形成した。そして、第2図(a)に示すように、シリコン熱酸化膜3上の所定位置に、プラズマCVD法を用いたリフトオフ法により、多結晶炭化珪素膜(厚さ $200\text{nm}$ )からなるゲート電極4を形成した。原料ガスとしては、シラン( $\text{SiH}_4$ )およびメタン( $\text{CH}_4$ )を用いた。また、基板温度は $800^\circ\text{C}$ であった。ここでは、多結晶炭化珪素膜の成長時に所定量のホスフィン( $\text{PH}_3$ )を原料ガスに添加することにより、 $5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ の低抵抗率を有する多結晶炭化珪素膜を得た。

次いで、ホトレジスト溶液を全面に塗布し、ホトリソグラフィによって所定のパターンのホトレジスト層8を設けた後、エッチングにより、ゲート領域(長さ $10\mu\text{m}$ )を形成した。引き続いて、窒素イオンを注入することにより、第1図(b)に示すようなn型のソース領域5およびドレイン領域6を形成した。窒素イオンの注入量は $3 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ であった。ホトレジスト層8を除去した後、アル

ゴン雰囲気中、 $1100^\circ\text{C}$ にて30分間の熱処理を行うことにより、窒素イオンを注入したソース領域5およびドレイン領域6を低抵抗化した。そして、ゲート電極4、ソース領域、およびドレイン領域にアルミニウムを蒸着することにより配線層7を形成し、第1図(b)に示すような $\beta$ -SiCを用いたnチャンネル反転型のMOS型電界効果トランジスタを得た。

このようにして得られたMOS型電界効果トランジスタのゲート容量-ゲート電圧特性(C-V特性)を測定したところ、第2図の実線で表されるように、 $0.9\text{V}$ という低い閾値電圧を示した。

比較のために、ゲート電極4として多結晶珪素を用いること以外は上記と同様にして、nチャンネル反転型のMOS型電界効果トランジスタを作製した。このような従来のMOS型電界効果トランジスタは、第2図の点線で表されるように、 $1.7\text{V}$ という高い閾値電圧を示した。

このように、本実施例のMOS型電界効果トランジスタは、ゲート電極として、半導体層と同様に

炭化珪素を用いているため、これらの間の仕事関数差が小さく、その影響を最小限に抑え得ることがわかった。

また、上記の炭化珪素を用いたMOS型電界効果トランジスタのチャンネル領域へ窒素イオンまたはホウ素イオンを注入することによって、閾値電圧がどのように変化するかを調べたところ、第3図に示すように、注入イオンの種類と、イオン注入量とを選択することにより、閾値電圧の符号および絶対値を任意に、精度を良く、かつ再現性良く制御し得ることがわかった。

#### (発明の効果)

本発明によれば、閾値電圧の符号および絶対値を任意に、精度良くかつ再現性良く制御することが可能な炭化珪素半導体装置(例えば、MIS型電界効果トランジスタ)が得られる。このような炭化珪素半導体装置は、様々な分野への応用が期待され、特に珪素などの従来の半導体材料では実現が不可能な、高温、高出力駆動、高周波動作、放射線照射などの過酷な条件下でも使用し得る半導

体装置として実用化される。

#### 4. 図面の簡単な説明

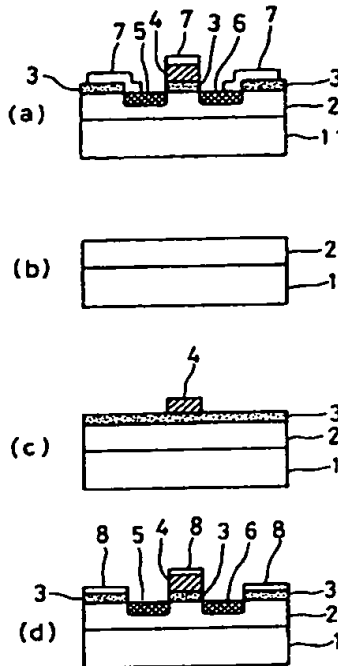
第1図(a)は本発明の炭化珪素半導体装置の一実施例であるMOS型電界効果トランジスタの断面図、第1図(b)~(d)は該MOS型電界効果トランジスタの製造工程を説明するための断面図、第2図は該MOS型電界効果トランジスタ(実験)と、ゲート電極として多結晶珪素を用いた従来のMOS型電界効果トランジスタ(点線)とにおけるゲート容量-ゲート電圧特性を表すグラフ図、第3図は本発明の炭化珪素半導体装置の一実施例であるMOS型電界効果トランジスタにおけるチャンネル領域へのイオン注入量と閾値電圧との関係を表すグラフ図である。

1…Si単結晶基板、2…p型 $\beta$ -SiC単結晶層、3…シリコン熱酸化膜、4…ゲート電極、5…ソース領域、6…ドレイン領域、7…Al配線層。

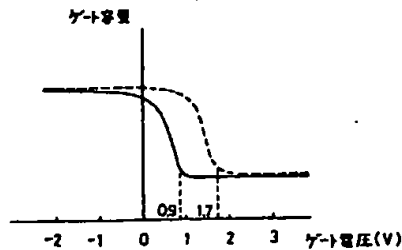
以上

出願人 シャープ株式会社  
代理人 弁理士 山本秀策

第1図



第2図



第3図

